

附件 1

国家科技重大专项（2024ZD10）

深地国家科技重大专项 2024 年度
公开项目申报指南

自然资源部

二〇二四年八月

目 录

领域一：透视地球.....	2
方向一 深部结构与组成探测.....	2
1. 大陆关键带地壳精细断面探测（一期）.....	2
2. 大地电磁三维探测网（一期）.....	3
3. 宽频带地震三维阵列探测（一期）.....	3
方向二 深部过程与表层响应观测系统.....	4
1. 郯-庐断裂带深井观测系统.....	4
2. 龙门山断裂带综合观测系统.....	5
3. 深地生命体观测与适应性规律研究.....	6
4. 深部应力探测关键技术与实验（一期）.....	7
方向三 超万米科学钻探技术与装备.....	8
1. 特深钻钻机关键技术与核心装置（一期）.....	8
2. 特深井科学钻探工艺与钻具（一期）.....	9
3. 特深科学钻探选址研究.....	10
方向四 深地科学构建.....	11
1. 中生代东亚岩石圈巨变与浅层响应.....	11
2. 深地大数据共享管理与数字深地系统.....	12
领域二：探测资源.....	14
方向五 战略性矿产成矿系统与成矿规律.....	14
1. 辽东地区深部成矿过程与金资源增储.....	14
2. 三江中段铜金矿成矿过程与找矿勘查.....	14
3. 大兴安岭地区重大地质事件与锡多金属成矿.....	15
4. 青藏高原北部铜镍（钴）硫化物矿床富集规律与找矿勘查.....	16
5. 扬子地块西缘铜铁钴矿定位机制与找矿预测.....	17
6. 滇黔桂毗连区锡铋金矿定位机制与找矿突破.....	17
7. 昆仑-阿尔金山金锰铁区域成矿规律与智能找矿预测.....	18
8. 重点金矿集区四维建模与数字孪生的靶区优选.....	19
9. 战略性矿产资源综合评价.....	20
方向六 战略性矿产勘查技术方法集成与创新.....	21
1. 中高山-浅覆盖区星-空-地-井快速评价技术.....	21
2. 矿集区立体“透明化”填图与资源增储.....	22
3. 铜镍（钴）硫化物矿床勘查模型与定位预测.....	23
4. 荒漠戈壁和高寒草原浅覆盖景观区地球化学勘查新技术.....	24
方向七 深部探测与资源勘查装备研发.....	25
1. 深部探测传感器核心技术.....	25

2. 航空探测关键技术装备	26
3. 地球物理探测颠覆性技术装备	27
4. 多深度航空电磁和高分辨率航空伽马能谱勘查装备	29
5. 新一代高精度地面探测关键技术与仪器	30
6. 地下探测关键技术与仪器	32
7. 绿色高效精准智能化钻探技术与装备	33
方向八 战略性矿产资源勘查示范	34
1. 冈底斯中段铜多金属成矿模型与勘查增储示范	34
2. 塔里木盆地钾资源成矿模式与勘查示范	35
3. 甘南-陇南金锑成矿规律与勘查示范	36
4. 三江北段铜金富铁矿等战略性矿产勘查增储示范	37
5. 新疆钒钛磁铁矿勘查示范与高效综合利用	37
6. 东南沿海陆相火山地区铜金萤石矿定位预测与勘查增储示范	38
7. 蛇绿岩型铬铁矿找矿模型与勘查增储示范	39
方向九 深部清洁能源探测	40
1. 深部高温地热能探测评价及开发利用示范	40
2. 重点地区深部热能探测评价	41
3. 典型地区氦气成藏机理与增储	42
领域三：绿色利用	44
方向十 固体矿产资源安全绿色利用	44
1. 低品位难采矿体大规模高效开采技术	44
2. 复杂难采战略性矿产资源精细化高效化开采技术	45
3. 固体资源原位流态化开采的多场多相岩体力学理论与安全评价体系	46
4. 固体资源原位物理流态化和采选充电热气一体化开采技术与装备	46
5. 矿产资源综合高效利用技术	47
方向十一 深部空间与利用	49
1. 深部特殊空间探测与利用	49
2. 深部碳储空间探测与地质评价	50
3. 封存空间监测技术	51
方向十二 深部资源环境保护	52
1. 深部资源开发的合理布局、安全与环境保护理论与发展战略	52
2. 深部资源开采安全监控与重构理论与技术体系	53

深地国家科技重大专项 2024 年度项目 申报指南

本重大专项总体目标是围绕国家资源能源安全和重大战略需求，面向深地科学前沿，突破深地与矿产资源领域核心技术，建立深部探测和找矿勘查技术装备体系，形成向深部要资源、要安全、要空间的能力，为新一轮找矿突破战略行动和新资源革命提供科技支撑，形成深地与矿产国家战略科技力量，实现我国深部探测与矿产资源勘查领域高水平科技自立自强。

对照实施方案和阶段性实施计划中设计的目标任务，聚焦当前国内国际形势下国家对战略性矿产资源的新需求，特别是新一轮找矿突破战略行动科技支撑的急迫任务，围绕“透视地球、探测资源、绿色利用”三大战略目标，2024 年本专项优先支持 12 个研究方向、42 项任务，共设 52 个项目，年度拟安排中央财政经费约 5 亿元。其中，“透视地球”领域拟优先支持 4 个研究方向、10 个任务，设 12 个项目，年度安排中央财政经费 1.455 亿元，占比 29.1%。“探测资源”领域拟优先支持 5 个研究方向、22 个任务，设 30 个项目，年度安排中央财政经费 3.045 亿元，占比 60.9%。“绿色利用”领域拟优先支持 3 个方向、10 个任务，设 10 个项目，年度安排中央财政经费 0.5 亿元，占比 10%。各项目下设课题原则上不超过 6 个，勘查示范类项目课题不超过 8 个。每个项目应设青年科学家课题 1-2 个，不受课题指标数量限制。

除特别说明外，项目实施周期一般不超过 4 年。

本专项所有项目均应整体申报，须覆盖全部研究内容和考核指标。鼓励产学研用联合申报，项目承担单位应及时共享专项成果数据并推动研究成果转化应用。

领域一：透视地球

方向一 深部结构与组成探测

1. 大陆关键带地壳精细断面探测（一期）

研究内容：获得我国大陆岩石圈精细结构和多参数属性，构建我国大陆主要构造单元基本控制骨架。聚焦我国及邻区大地构造关键区带，开展全地壳/岩石圈深部物理结构与过程的综合探测；获得岩石圈深部多参数属性，构建我国古老克拉通与古亚洲洋、特提斯洋和西太平洋构造域相互作用密切相关的精细地学断面，揭示造山带和盆地形成演化与大陆成矿作用的深部背景；研究逆冲推覆构造带典型含油气盆地深部过程；实施纵贯亚洲南北地学大断面的地质地球物理综合探测。

考核指标：深地震反射剖面探测 6000 km；宽角反射与折射地震剖面探测 2000 km；大地电磁测深 5500 km；宽频带天然地震观测 5500 km；地学断面地质地球物理综合解释 6000 km。

关键词：岩石圈精细结构；岩石圈深部多参数属性；精细地学断面；深部成矿背景；含油气盆地深部过程

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央

财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

2. 大地电磁三维探测网（一期）

研究内容：构建覆盖中国大陆的三维电磁探测网，获得岩石圈三维电性结构。研发适合大面积 MT 数据处理、正反演理论技术和软件系统；制定大陆岩石圈电性结构探测标准、数据评价和共享方案；开展大陆岩石圈超长周期电磁探测网（ $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ ）与岩石圈电性填图；在整合全国已有数据基础上，开展大陆岩石圈宽频大地电磁网探测（ $50\text{ km}\times 50\text{ km}$ ）与地壳电性结构填图研究；开展多尺度岩石圈电性结构与区域成矿系统深部过程和控制要素集成分析与战略性矿产靶区优选研究。

考核指标：三维岩石圈大地电磁探测（观测）标准 1 套；全国岩石圈三维电性结构模型（ $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ ）1 个；大地电磁探测网数据共享标准和共享方案各 1 套；三维电磁探测数据处理、正反演软件系统（含理论和技术创新）1 套。

关键词：三维电磁探测；三维电性结构；超长周期电磁探测；宽频大地电磁探测；靶区优选

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

3. 宽频带地震三维阵列探测（一期）

研究内容：在开放共享现有宽频带地震数据基础上，构建覆盖中国大陆的三维地震阵列，获得岩石圈三维速度结

构。布设高密度宽频带/甚宽频带流动地震台站，实现我国大陆观测全覆盖（填补西部等空白地区、加密华南等地区）；整合全国高质量三分量地震连续波形基础数据库，系统揭示中国大陆地壳-上地幔三维速度结构、主要间断面起伏形态和深部介质各向异性分布状态；阐述中国大陆尺度地球深部圈层耦合关系、欧亚板块与周边板块相互作用的灾害、资源环境响应等深部过程及板内地震机制。

考核指标：完成我国西部地区和华南地区宽频带地震阵列探测台站的建设及地震观测，台站间距约 0.3° （青藏高原地区 0.5° ），各观测台站需连续获取 2 年的宽频带地震观测记录，平均记录数据的连续率达到 90%；建立中国大陆宽频带地震网数据库；横向分辨达到 0.3° （青藏高原区 0.5° ）的地壳-上地幔三维地震波速度结构模型。

关键词：三维地震阵列；三维速度结构；深部间断面；深部介质各向异性

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

方向二 深部过程与表层响应观测系统

1. 郯-庐断裂带深井观测系统

研究内容：利用沿郯-庐断裂带两侧 5000~7000 m 深井群，开展井筒诊断、井筒智能修复与重构、井中观测仪器安放、井筒动态运维监测与智能值守；研发深井多参数综合观测系统。研制深井耐高温高压多参数物理、化学和流体仪器，

研发井地间数据传输及节点电源管理技术；开展深井观测、深部物质结构、赋存状态、物理化学/生物过程和地应力状态等方面研究；建设郯-庐断裂带区域地球物理观测站。

考核指标：建设井口长期监测站和井塔设施，安装深度4500~7000 m；系统观测深度不小于4500 m，实现3000 m以浅节点温度、压力、伽马强度、震动、电场、重力等测量和流体取样；震动测量灵敏度 $\leq 40.16 \text{ V/m/sec}$ ，电场测量分辨率 $\leq 0.1 \text{ mV}$ ，重力测量噪声 $\leq 5 \mu \text{ Gal}/\sqrt{\text{Hz}}@0.1\text{Hz}$ ，温度测量分辨率 $\leq 1 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，流体取样速度 $\geq 100 \text{ ml/h}$ ；实现3000 m以深节点震动、温度测量和流体取样，震动测量动态范围 $\geq 120 \text{ dB}$ ，温度测量分辨率 $\leq 0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。深井数据传输速度上行200 kbps，下行10 kbps。深井连续观测稳定6个月；形成1套井中多参数观测与实验标准；建立1套井地耦合多物理场联合反演技术；开发孕震区/火山区应变监测预警系统1套。建设地球物理观测站，实现多地球物理场和流体生命长期连续观测。

关键词：郯-庐断裂带；深井群；深井综合观测系统；深井地球物理观测站

申报说明：项目实施周期不超过4年，配套经费与中央财政经费比例不低于1.6。立项方式为公开竞争。

2. 龙门山断裂带综合观测系统

研究内容：在龙门山（鲜水河）断裂带两侧及横穿断裂深钻群建设井中多参数实时原位长期观测系统；建设高分辨

率地表形变测量、应变场成像系统。监测大震后断裂愈合与应力聚集过程，确定地壳和上地幔流变结构和性质；开展深井和地表物理场及流体长期观测，开展断裂带内部结构、物质组成、活动性的动力学和年代学研究；揭示断裂深部结构、活动性和前兆参数；研究下地壳粘弹性响应、深部流变结构与浅部变形和地表过程之间的耦合关系。

考核指标：建立采集不少于 6 种以上物理参数的连续观测站，其中流体 2 种以上，数据间隔 1 min，温压数据间隔 3~5 s；研发井中观测仪 1~2 种；广域雷达干涉测量数据处理软件 1 套；断裂带高精度地表变化率（分辨率不低于 1 mm）、地表形变速率场和应变率场各 1 套，分辨率不低于 1 km，形变场精度优于 3 mm/an；基于地表形变观测给出观测区地壳流变结构和性质参数，构建观测区三维多参数岩石圈结构模型，分辨率 30~50 km，建立典型断裂带三维几何结构模型 1 个，分辨率 2~5 km；构建断裂带演化过程；提出关键断裂带精细结构的时间变化特征；确定断裂活动前兆参数 1~2 种。

关键词：龙门山断裂带；深钻群；原位长期观测系统；地表形变；应变场成像

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

3. 深地生命体观测与适应性规律研究

研究内容：定量表征不同深度深地环境（深井和空腔）因素，建立深部原位生命观测系统；建立标准化深地微生物

样本库，绘制深地微生物组及基因组图谱；研究深地微生物与生命体稳态交互作用、适应性改变，研究深地微生境与生命体的共生生理机制；研究深地生命体的生理机能改变、稳态功能维持和能量代谢模式，研究深地环境生物学效应规律；甄别深地特殊环境因素，结合药物及环境因素干预手段，明确其有益于健康的临床应用价值。

考核指标：深地原位生命观测技术 1 套，标准化深地微生物样本库 1 个，新型深地医学实验装备 2 套，发布深地卫生健康与生物安全专家共识 1 项；揭示深地微生境与生命体的共生生理机制，阐释深地环境的生物学效应规律及影响机理；甄别出有益于健康的地下环境因素，在可选择、安全的范围内发展基于深地环境的临床治疗新路径。

关键词：深井和空腔；深部原位生命观测；深地微生物；深地生命体；深地环境生物学

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

4. 深部应力探测关键技术与实验（一期）

研究内容：研发深井原位地应力探测技术与装备，获取深至 10 km 的地壳应力数据，揭示深浅部地应力赋存机制；完善智能化深井地应力综合观测技术，建立关键区域地应力监测网，完善原有的全国地应力监测系统；编制新一代全国尺度三维地应力图与“一带一路”区域地应力图，构建穿过关键构造带的地应力剖面；完善跨断层应力应变观测技术，

开展断层失稳过程实验研究，建立断层失稳力学理论模型；选择典型矿集区或清洁能源深地存储基地，开展区域地应力观测网建设示范。

考核指标：大于 5 km 深多参数协同深孔原位地应力探测技术与装备 1 套，具有自主知识产权的地应力数据分析系统 1~2 个；局域应力监测网 1 个，建立完善全国地应力监测系统；新一代全国三维地应力场分布图 1 幅；跨断层应力应变监测关键技术与装备 1 套，断层失稳力学模型 1 个。

关键词：深井地应力探测；地应力监测；地应力观测

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

方向三 超万米科学钻探技术与装备

1. 特深钻钻机关键技术与核心装置（一期）

研究内容：研发特深科学探井大扭矩顶驱、大深度绳索取心绞车、大钩载提升绞车，形成游车重载精确定位和井底钻压精准控制系统；研发超高压泥浆泵精细流量控制、泥浆智能降温与调配技术，形成超高压五缸钻井泵和高温泥浆智能调控系统；研发顶驱、绞车、钻井泵关键部件以及超长立根垂直移运的感知、数据采集、智能算法和判断技术，形成钻机关键部件数字孪生健康体检系统；研发钻机各部件集成控制、在线监测、科学管理、钻机多源能量管理和专家系统，形成特深科学钻探智能钻机平台系统。

考核指标：钻深能力 15000 m，顶驱额定转速/扭矩 220

rpm/136500 N.m，粘滑工况扭矩波动减小 30%以上，滑动钻进钻压减小 30%以上，堵钻反扭矩释放成功率 90%以上，绳索取进能力 13000 m，大钩载荷 12000 kN，提升绞车总功率 8000 HP，游车精确定位精度 ≤ 20 mm，钻压控制精度 ± 1 kN；钻井泵功率/泵压 3200 HP/80 MPa，泥浆入井温度 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 、温度控制精度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；关键部件的健康体检准确率 $\geq 90\%$ ，单立根 4 单根，最大起下钻速度 25 柱（950 m）/h，管柱接卸智能识别成功率 $\geq 95\%$ ，地面处理单根数量 2 根；包含下传指令、摩阻测试、钻井参数优化、滑动定向等功能的钻井智能化平台和智能 APP 各 1 套。

特深科学钻探钻机平台 1 台套，形成顶驱、绞车、钻井泵、井口多机器人和固控系统各 3 种型号，分别不少于 10 套。

关键词：特深钻钻机；钻机关键部件；智能钻机平台

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.6。立项方式为公开竞争。

2. 特深井科学钻探工艺与钻具（一期）

研究内容：研究超万米科学探井井身结构及取心钻探工艺；研发绳索取心钻具外管总成、内管总成、打捞机构及长寿命金刚石取心钻头，形成超万米深井绳索取心钻具系统；研发高强轻质合金管材、钻杆连接及表面防护技术，形成超万米科学钻探高强轻质绳索取心钻杆；研发全金属容积式马达及防护技术、细长复杂曲面制造及测试技术、高能液动锤

技术，形成耐高温取心马达及液动锤等动力钻具；研发钻井参数随钻测量技术、井斜控制及测井技术，形成超万米深井耐高温垂直钻井及测井系统；研制耐高温钻井液处理剂和堵漏材料，形成超万米科学钻探耐高温泥浆体系。

考核指标：钻探工艺满足井下地温（300℃）、压力（175 MPa）和地应力（300 MPa）环境需求；绳索取心钻探能力 ≥ 13000 m，平均取心率 $\geq 90\%$ ，钻头寿命 ≥ 200 m；高强轻质合金钻杆重量较钢钻杆减少 40% 以上，屈服强度 ≥ 900 MPa；全金属马达最大转速 ≥ 400 rpm、最大扭矩 ≥ 5000 N·m，液动锤冲击功 ≥ 200 J、冲击频率 8~15 Hz，工作寿命达到 100 h；随钻测量井下温度、环空压力、振动冲击、钻压、扭矩等参数，垂钻井斜控制 $\leq 3^\circ$ 、工作寿命达到 200 h，测井单次作业时间 ≥ 20 h；钻井液滤失量 ≤ 20 ml，堵漏材料封堵 1~10 cm 缝洞、承压 ≥ 5 MPa。

形成 8 种类型钻具，每种钻具不少于 3 个系列，每个系列不少于 8 套；耐高温泥浆处理剂及堵漏材料不少于 5 种，钻井液总量 800 m³ 以上。

关键词：特深井；科学钻探工艺；科学钻探钻具

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.6。立项方式为公开竞争。

3. 特深科学钻探选址研究

研究内容：聚焦具有深部潜力的紧缺战略性矿产、能源资源的关键部位，开展重大资源需求特深科学钻探选址（2~3

个)；围绕全球变化、宜居环境和自然灾害预警的关键部位，开展重大环境需求特深科学钻探选址(2个)；针对全球地球科学前沿热点，以及我国地球科学研究重大基础问题、区域性等关键问题，开展重大科学需求特深科学钻探选址(2~3个)。

考核指标：候选井论证资料采集分析，包括选址区 100 km² 的 1:10000 地质图件，孔位区 2 条地震精细剖面与解释(80 km)，区内 100 km² 范围精细三维电性、物性结构数据体采集与处理解释，1 口 3000 m 井深的勘探参数井(先导孔)及相关物性测井剖面等；提出特深科学钻井的科学目标与工程目标。

关键词：特深科学钻；钻探选址；资源需求；环境需求；科学需求

申报说明：项目实施周期不超过 2 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.6。立项方式为公开竞争。

方向四 深地科学构建

1. 中生代东亚岩石圈巨变与浅层响应

研究内容：围绕大陆变形深部过程与表层响应的科学前沿，重构东亚晚中生代岩石圈结构，研究岩石圈结构巨变对浅层控制机理，揭示东亚大陆东西地势反转的深部过程；聚焦中生代大陆变形、沉积作用、岩浆活动等深部响应，重建中侏罗-白垩世东亚岩石圈结构；研究晚中生代高原形成、保存和破坏的深部过程；开展东亚大陆侏罗世-白垩世大陆

古地貌恢复和古环境研究；研究东亚东西地势反转的动力学；研究现今岩石圈结构及南北地貌边界带演化及深部控制，大陆均衡过程关键带强震孕育机制。

考核指标：东亚晚中生代汇聚岩石圈陆内变形与结构重建（800 km 反射地震剖面）；侏罗纪-白垩纪古地形古环境恢复；东亚大陆地势反转动力学模型；东亚现今岩石圈均衡状态及大陆内部强震孕育机制；南北地势带形成演化模型。

关键词：大陆变形深部过程；表层响应；岩石圈结构巨变；东亚大陆地势反转

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 0.5。立项方式为公开竞争。

2. 深地大数据共享管理与数字深地系统

研究内容：开展深地数据的汇交与管理，研发共享与云服务系统，虚拟现实展示与交互分析关键技术，搭建应用平台框架与集成等。制定深地探测及相关数据规范和标准；建设面向深地探测的多源、多尺度、多类型数据库；研发基于云平台的大数据管理、分级共享与数据安全技术；高性能大数据可视化与集成分析技术；围绕“数字深地系统应用”开展研究攻关，建立深部地球大数据新型计算框架，研究数据与模式驱动的深地大数据智能计算分析技术；研发“数据-模型-知识”驱动的自主知识产权数字深地平台与应用系统；开展需求驱动的深部地球典型科学应用示范研究。

考核指标：深地探测科学数据采集、汇交、保存、共享、

管理的制度和标准规范体系 1 套；具有实时服务能力，在线共享为主、离线共享为辅服务模式的 PB 量级新一代大数据仓库 1 个，分布式大数据存储和共享的云平台 1 套；算力不低于 800 TFlop/s 的大数据管理、存储、共享、数据挖掘和机器学习等关键算法 1 套；具有自主知识产权，支持“数据-模型-知识”对象化三元组合，具备 EB 级全类型深地数据的高效管理、分析的数字深地系统平台 1 个；支持 10 亿级深地要素的在线分析能力；开展不少于 100 个智能深地研究模型算子，不少于 10 个复杂深地科学场景典型应用示范案例。

关键词：深地数据；深地探测数据库；大数据可视化；大数据集成分析；大数据智能计算

申报说明：项目申报需依托重大专项实施单位，项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 0.5。立项方式为公开竞争。

领域二：探测资源

方向五 战略性矿产成矿系统与成矿规律

1. 辽东地区深部成矿过程与金资源增储

研究内容：查明辽东地区中生代精细岩浆岩时空规律和区域构造演化过程，解析鸭绿江成矿带及其他重点矿集区控矿构造、成矿过程、矿床形成与隆升剥蚀历史，以构造-岩浆-流体研究为主线，研究克拉通破坏过程中构造-岩浆作用、流体演化与成矿时空耦合关系，揭示克拉通破坏过程中金等矿产差异性成矿机制；建立重点矿集区可开采深度的地质-地球物理-地球化学综合勘查模型，圈定重点靶区并进行钻孔验证。

考核指标：矿集区可开采深度的地质-地球物理-地球化学综合勘查模型 1 套，找矿靶区 2~3 处，新增金资源量 100 吨。

关键词：热液金矿；克拉通破坏；成矿机制；构造-岩浆作用；辽东

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

2. 三江中段铜金矿成矿过程与找矿勘查

研究内容：阐明三江中段铜和金矿成矿源-运-储过程，查明主要铜和金成矿系统的地壳结构，揭示致矿深部过程和浅部响应，示踪成矿物质迁移-汇聚过程，查明成矿演化的物理、化学和物质迁移轨迹；揭示铜和金共生分异机制，厘

定铜、铜金和金铜矿床的岩浆、构造、流体演化的异同性及其控制因素，明确俯冲和碰撞后背景下主要铜和金矿的控矿因素，建立不同尺度新的普适性成矿模型，提出找矿标志；创建基于控矿要素和找矿标志的斑岩-矽卡岩型铜金矿找矿模型和勘查技术方法组合，实现三维智能找矿预测，圈定可供勘查找矿靶区，定位预测矿体，实施工程验证。

考核指标：揭示铜和金共生分异机制；不同背景下铜、金矿成矿模型和找矿模型 3~4 套，高效找矿技术方法 2~3 套，可供勘查的找矿靶区 4~5 个，新增资源量铜 100 万吨、金 50 吨。

关键词：斑岩-矽卡岩型；成矿作用；造山作用；智能预测；三江成矿带

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1:1。立项方式为公开竞争。

3. 大兴安岭地区重大地质事件与锡多金属成矿

研究内容：阐明大兴安岭中南段锡多金属成矿有关的重大地质事件，以构造-岩浆-流体演化过程研究为主线，优选维拉斯托、双尖子山、黄岗梁等典型矿床为研究对象，查明成矿流体演化、矿化富集规律，揭示我国大兴安岭中南段锡多金属成矿区带的成矿规律；创建大兴安岭中南段锡多金属成矿-找矿模型，开展浅覆盖区浅穿透地球化学技术调查，集成矿区深部边部找矿技术方法组合，实现隐伏矿体精准定位，圈定可供勘查的找矿靶区。

考核指标：揭示大兴安岭中南段锡多金属矿产资源的形成机制与成矿规律；锡多金属矿床找矿勘查技术方法组合 2~3 套，找矿模型 1~2 个，可供勘查的找矿靶区 3~4 个，新增锡资源量 10 万吨。

关键词：锡多金属；浅覆盖区；成矿机制；区域成矿规律；大兴安岭

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1:1。立项方式为公开竞争。

4. 青藏高原北部铜镍（钴）硫化物矿床富集规律与找矿勘查

研究内容：揭示青藏高原北部铜镍（钴）硫化物矿床的富集机制，以金川、夏日哈木、红川等矿区深边部为研究对象，评价基性-超基性岩带找矿潜力，研究致矿深部过程和浅部响应，查明岩浆-成矿系统的精细时空结构和控矿因素，建立矿集区和矿床尺度的找矿模型，创新找矿理论；集成研发隐伏铜镍（钴）硫化物矿床的找矿技术方法组合，评估区域及已知矿床深边部资源潜力，构建高效的找矿勘查技术体系；优选有利找矿区段，圈定可供勘查的找矿靶区。

考核指标：岩浆型铜镍（钴）硫化物矿床三维找矿模型 1~2 个，高效勘查技术方法 1 套，可供勘查的找矿靶区 2~3 个，新增资源量镍 10 万吨、钴 1 万吨。

关键词：基性-超基性岩；铜镍硫化物矿床；元素富集机制；三维找矿模型；青藏高原

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央

财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

5. 扬子地块西缘铜铁钴矿定位机制与找矿预测

研究内容：研究扬子地块西缘元古代构造、岩浆、沉积/变质作用及其对沉积变质铜钴与热液铁铜钴矿床时空分布的控制，查明两类型铜铁钴矿的成矿条件，揭示成矿机制，提出找矿标志，建立两类铜铁钴矿的找矿勘查模型。研发隐伏富铁-铜-钴矿体的高效勘查技术方法组合，圈定可供勘查的找矿靶区，实施钻探验证，实现找矿突破。

考核指标：找矿勘查模型不少于 2 套，两类铁铜钴矿致异常智能高效识别和找矿靶区预测方法不少于 2 套，定量评价主要成矿区带成矿潜力，可供勘查的找矿靶区 4~5 处，新增资源量铜 50 万吨、钴 1 万吨。

关键词：沉积变质型；热液型；铁铜钴矿；成矿机制；扬子西缘

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

6. 滇黔桂毗连区锡铋金矿定位机制与找矿突破

研究内容：解析滇黔桂毗连区锡铋金矿矿集区矿田构造，刻画岩浆热液型锡铋矿和卡林型金矿成矿系统的控矿构造，查明流体运移与裂隙扩展、矿质沉淀聚集成矿的耦合关系，揭示成矿条件，建立成矿模式和找矿勘查模型，研发高效勘查技术方法组合，开展找矿预测与勘查示范，圈定可供

勘查的找矿靶区，实施钻探验证，实现找矿突破。

考核指标：找矿技术方法 1~2 套，成矿和找矿模型 1~2 个；可供勘查的找矿靶区 4~5 处，新增资源量金 50 吨、锡 15 万吨、锑 3 万吨。

关键词：岩浆热液型；卡林型；锡锑金；成矿模式；滇黔桂毗连区

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

7. 昆仑-阿尔金金锰铁区域成矿规律与智能找矿预测

研究内容：查明昆仑-阿尔金金锰铁成矿带成矿背景和成矿条件，揭示昆仑-阿尔金金锰铁区域成矿规律；构建重点金锰铁矿田/矿床尺度找矿预测模型，研发金锰铁勘查方法技术组合；构建综合信息矿产智能预测模型，开展找矿靶区优选和资源潜力评价，实施工程验证，实现找矿突破。

考核指标：多尺度成矿模式及找矿模型 2~3 个，昆仑-阿尔金金锰铁成矿带地质时空大数据库 1 套，高寒深切割山区“空-天-地-深”一体化金锰铁矿勘查方法技术组合 1 套，找矿靶区 10~15 处，新增锰矿石资源量 2000 万吨，铁资源量 2000 万吨，金资源量 20 吨，支撑建设 1 处大型资源基地。

关键词：金锰铁；区域成矿规律；找矿模型；智能预测；昆仑-阿尔金

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

8. 重点金矿集区四维建模与数字孪生的靶区优选

研究内容：开展我国重点金矿集区的四维时空富集机制与成矿规律的数字化、智能化研究，利用 Loop3D 地学多参数（地质、地球物理、地球化学、遥感、工程）聚合分析技术和深度神经网络等融合集成方法，联合构建多维度精准地质体三维结构模型，通过知识嵌入与数据驱动的金矿集区-矿田-矿床矿体（多尺度）地质体的三维重建与复原，创建我国金矿数字孪生（四维数智仿真系统+地质过程推演系统），深层次构建多元多维度高精度勘探变量指标体系；研发三维/四维可视化的 Loop4D 新一代智能金矿的数字孪生系统；实现 3~5 个重要金矿集区深部靶区定位定量化优选，开发我国金矿数字孪生的智慧勘探矿业。

考核指标：建成我国重要千吨级金矿集区地学大数据集 3~5 套，构建知识与数据驱动的金成矿规律研究的新科学范式和 Loop3D 的聚合可视化的定量勘探模型 3~5 套；研发知识嵌入与数据驱动的金矿集区四维找矿信息高精度提取技术，建立金矿集区成矿空间三维勘探模型 3~5 套、涵盖成矿系统（Mineral system）的金矿靶区优选体系 3~5 套，形成我国矿集区金资源评价非线性的机器学习模型 3~5 套；研制面向我国金资源勘查需求的三维勘探模型的数字孪生技术 1 套，其中包括深度学习算法模块 3~4 个（卷积神经网络（CNN）、长短期记忆神经网络（LSTM）、图神经网络（GNN）、深度自编码神经网络等）；研发成矿系统关键要素“力-热-

流-成分”耦合的四维数智模拟软件 1 套；评价我国东西部兼顾的 4~5 个主要重要金矿集区，圈定深部靶区不小于 20 处，并智能化（高级地质统计学+机器学习）估算资源储量；在 8~10 个靶区实施工程验证，新增金资源量 20 吨，创建 3~5 个数字孪生的智慧金矿勘查基地。

关键词：金矿集区；四维建模；深度学习；数字孪生；靶区优选

申报说明：项目实施周期不超过 5 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

9. 战略性矿产资源综合评价

研究内容：动态追踪研究战略性矿产储量、开发、用途、贸易和物流状况，评估供需平衡和风险，提出保障国家资源安全的建议；攻关矿产资源可利用性智能评价技术，研究国内战略性矿产可供开发利用的数量和空间分布；研发矿产资源安全底线动态评价与安全保障时空监测预警技术，提出国内资源供应底线；攻克战略性矿产大中型矿区应急勘查-应急生产-储备动员仿真场景系统关键技术，建设国家矿产资源安全监测预警与应急保障场景系统，实现矿产资源安全智能响应。

考核指标：战略性矿产资源综合评价关键技术 4 套；矿产资源可利用性智能评价模型 3~5 个，探矿权区块建议 10 处以上；矿产资源安全监测预警与应急保障场景系统 1 套；动态提出不同情景下战略性矿产资源安全底线和全球资源

勘查开发布局建议。

关键词：资源安全；监测预警；应急保障；综合评价

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 1.1。立项方式为公开竞争。

方向六 战略性矿产勘查技术方法集成与创新

1. 中高山-浅覆盖区星-空-地-井快速评价技术

研究内容：开展光谱遥感找矿关键技术研发，发展基于卫星和机载高光谱遥感等多源数据的构造解析和矿物填图技术，提高国产卫星遥感数据处理效率，开展中高山-浅覆盖区矿物填图，构建区域尺度中高山-浅覆盖区的新型光谱遥感找矿模型，建立星-空-地-井多源光谱遥感矿产勘查理论与技术体系。集成基于固定翼飞机和直升机的航空物探遥感综合勘查系统及人工智能（AI）技术，开展数据采集、数据处理与融合、联合反演、三维地质地球物理建模、多地球物理场智能分析方法研究，开展区域找矿预测和靶区优选。在西藏、新疆、内蒙古东南部等地区针对铁、铜、镍等战略性矿产，开展区域大尺度快速找矿评价示范，优选找矿靶区并钻探验证。

考核指标：中高山浅覆盖区大尺度快速评价的星-空-地航空物探遥感数据获取体系 1 套，物探遥感数据驱动的人工智能（AI）区域靶区优选和成矿预测技术 1 套，具有自主知识产权并实现产业化应用的航空物探遥感数据处理解译成图系统各 1 套；示范评价 2~3 个重点调查/勘查区，测量面积

≥3000 km²、航空物探工作量≥10000 km，找矿靶区 8~10 个，矿产地 1~2 处，提交潜在资源铁 1 亿吨、铜和/或镍 20 万吨。

关键词：光谱遥感找矿；物探遥感融合；星-空-地-井协同勘查；快速评价技术体系

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.8。立项方式为公开竞争。

2. 矿集区立体“透明化”填图与资源增储

研究内容：研发多参数约束的地球物理联合反演方法，提高反演的可靠性；创新岩矿石物性测量技术，发展基于多参数的三维岩性识别与填图技术；研究基于地球物理多参数约束的三维地质建模方法，提高模型的可靠性；开发多源数据融合的三维建模软件系统；研究主动源/被动源三维金属矿地震技术、三维电磁探测技术（包括：金属矿地震散射波探测方法、AI 等新技术的应用等）；创新深部智能找矿预测方法；研究适合不同类型矿床的深部勘查技术组合，结合矿集区“透明化”集成技术，选择代表性典型矿集区，开展立体探测与“透明化”填图及深部找矿示范。

考核指标：实用化金属矿主/被动源地震探测技术、三维电磁探测技术和矿集区“透明化”探测技术各 1 套，实现 3000 m 探测技术能力；实现 1000 m 以浅高精度矿产勘查能力；地球物理约束的三维地质建模软件系统 1 套；典型矿集区预测靶区 15 个，新增资源量铜 50 万吨，金 10 吨，支撑 3~5 个大型资源基地建设。

关键词：地球物理反演；金属矿地震探测；三维电磁探测；三维地质-地球物理建模；深部找矿示范

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.8。立项方式为公开竞争。

3. 铜镍（钴）硫化物矿床勘查模型与定位预测

研究内容：聚焦北疆古亚洲构造域、南疆特提斯构造域的铜镍（钴）硫化物矿，围绕典型铜镍钴矿资源基地，构建成矿和找矿预测模型，查明可指示深部岩体-矿体空间位置的地质-地球化学指标，试验-优选-集成重-磁-电-地震（主动源+密集台阵）-测井等技术方法组合，研发金属矿精准定位理论与技术，优选深部找矿靶区，实现老矿山找矿增储，新区找矿突破。

考核指标：造山带铜镍（钴）硫化物矿床成矿模式和找矿预测模型 1 套，新疆铜镍钴岩矿石组构-物性综合数据库 1 套，多参数含矿性评价指标体系 1 套，深边部勘查技术方法组合与定位技术 1 套，找矿远景区 3~4 处，新增资源量铜 10 万吨、镍 10 万吨、钴 1 万吨。

关键词：岩浆铜镍钴矿；岩浆通道结构；定位预测；勘查技术

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.8。立项方式为公开竞争。

4. 荒漠戈壁和高寒草原浅覆盖景观区地球化学勘查新技术

研究内容：聚焦荒漠戈壁和高寒草原浅覆盖景观区，开展浅覆盖区元素迁移机理研究，动态观测元素迁移规律，查明元素在盖层、围岩与蚀变矿物中的存在形式与变化特征；开展纳米晶体模拟生长研究，建立元素立体地球化学模型；重点发展和完善区域尺度微细粒分离测量地球化学技术，矿区尺度土壤纳微金属测量、金属活动态提取、地电化学测量、地气测量等弱信息提取技术，形成 300 m 以浅覆盖区“穿透性”地球化学勘查技术系列和组合；研发三维地球化学成像软件系统，开展智能预测，实现精准识别隐伏矿致信息，在铜、镍、金等大型资源基地及外围浅覆盖区开展地球化学找矿技术应用示范。

考核指标：300 m 以浅覆盖区“穿透性”地球化学探测技术与装备 1 套，三维地球化学成像软件系统 1 套，覆盖区地球化学模型 3 套；金属活动态提取率提升 20%，微粒快速分离粒径为 2 μm ，微粒观测达 1 nm，新型地电化学提取器重量减少 50%，实时气体测量 5 种以上气体；新发现隐伏矿体 1~2 处，可供勘查的找矿靶区 2~5 处，新增金资源量 20~30 吨，新增镍资源量 8 万吨。

关键词：荒漠戈壁；高寒草原；浅覆盖区；地球化学勘查技术；找矿应用示范

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.8。立项方式为公开竞争。

方向七 深部探测与资源勘查装备研发

1. 深部探测传感器核心技术

研究内容：聚焦地球物理专用传感器材料制备及工艺、专用芯片与模块，实现磁通门磁传感器、宽频带感应式电磁传感器、地电场传感器、宽频带数字检波器、芯片级原子钟、高性能专用芯片等核心部件的国产化；攻克无死区铯原子磁力仪、小型化 SERF 原子磁传感器、基准级原子磁传感器、钻石光泵磁传感器、超导电磁传感器、非接触式电场传感器、重力灵敏元件、宽频带地震计（摆）、高分辨率闪烁能谱探测器等前沿传感技术，实现技术突破；全面攻克地球物理传感器关键技术，自主研发的地球物理传感器应用于航空、地面、井中等探测装备系统并实现应用示范，全面提升我国深部探测装备技术水平。

考核指标：

传感器工程化：磁通门磁传感器高频优于 10 Hz，噪声 $\leq 10 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，功耗 $\leq 150 \text{ mW}$ ；感应式电磁传感器带宽优于 20kHz~10000s，噪声 $\leq 1 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}@0.1\text{Hz}$ ；地电场传感器极差 $\leq 0.02 \text{ mV}$ ，噪声 $\leq 20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ；宽频带振动检波器噪声 $\leq 10 \text{ ng}/\sqrt{\text{Hz}}@10\text{Hz}$ ，带宽优于 2~250 Hz，灵敏度优于 $80 \text{ V/m/s} \pm 10\%$ ，功耗 $\leq 10 \text{ mW}$ ；芯片级原子钟输出频率 10 MHz、5 MHz，短期稳定度 $\leq 3 \times 10^{-10}@1\text{s}$ ，长期老化 $\leq 9 \times 10^{-10}@1\text{m}$ ，稳态功耗 $\leq 130 \text{ mW}$ ；研发低噪声运放、高分辨 ADC 及专用 ASIC 等，低噪声运放白噪声 $\leq 10 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{kHz}$ 、ADC 精度 24bit；技术就绪度达到 8 级；

前沿传感器研发：重力敏感元件精度 $1\ \mu\text{Gal}$ 、噪声 $0.3\ \mu\text{Gal}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、量程 $1\ \text{mGal}$ ，绝对重力传感器准确度 $2\ \mu\text{Gal}$ ；钻石磁传感器噪声 $\leq 10\ \text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，铯原子磁力仪噪声水平 $\leq 0.6\ \text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，非屏蔽 SERF 磁力仪噪声 $\leq 50\ \text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}@20\text{Hz}$ ，基准级绝对磁力仪准确度优于 $0.04\ \text{nT}$ ，矢量原子磁力仪角度噪声 $< 50\ \text{nrad}/\sqrt{\text{Hz}}@10\text{Hz}$ ；超导电磁传感器噪声 $\leq 20\ \text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ 、带宽优于 $200\ \text{kHz}$ 、摆率 $\geq 6\ \text{mT/s}$ ，超导磁梯度传感器噪声 $\leq 400\ \text{fT}/(\text{m}\cdot\sqrt{\text{Hz}})@1\text{Hz}$ ，电流放大器噪声 $\leq 0.5\ \text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ；非接触式电场传感器带宽优于 $0.03\ \text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ ，噪声 $\leq 1\ \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}@10\text{Hz}$ ；宽频带地震计带宽优于 $120\text{s}\sim 50\text{Hz}$ ，速度灵敏度优于 $2\times 1000\ \text{V}\cdot\text{s/m}$ ；高分辨率闪烁能谱探测器能量分辨率优于 3.5% （@ 662keV ）、能量响应范围 $10\ \text{keV}\sim 3000\ \text{keV}$ 。

关键词：磁场传感器；电磁传感器；电场传感器；振动检波器；重力敏感元件

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

2. 航空探测关键技术装备

研究内容：攻克低温超导高精度探测传感等关键核心技术，研制出无人机航空低温超导全张量磁梯度、大深度航空低温超导瞬变电磁、高精度航空低温超导重力梯度等高端探测技术与装备，实现所有核心芯片的国产化与完全自主可控；攻克高灵敏度探测系统在复杂电磁环境、复杂气象条件

下的可靠性观测技术，优化系统重量、功耗与飞行平台，提升复杂地形区航空作业能力；开展复杂地形区矿产资源勘查应用示范。

考核指标：

无人机航空低温超导全张量磁梯度系统：通道临界电流变化 $\leq 5\% @ \pm 50 \mu\text{T}$ ，动态噪声水平 $\leq 12 \text{ pT/m}$ （ $0.01\text{Hz} \sim 1\text{Hz}$ ），测量精度优于 20 pT/m ，探测器重量 $\leq 18 \text{ kg}$ ，液氮补给周期 $\geq 2\text{d}$ ，连续作业时间 $\geq 1.5\text{h}$ ；

大深度航空低温超导瞬变电磁系统：发射磁矩 $\geq 140 \text{ 万 Am}^2$ ，静态噪声水平 $\leq \pm 0.001 \text{ nT/s}$ 、动态噪声水平 $\leq \pm 0.05 \text{ nT/s}$ ，接收动态范围 $\geq 200 \text{ dB}$ ，探测深度 $\geq 1000 \text{ m}$ ；

高精度航空低温超导重力梯度系统：重力梯度仪静态噪声水平 $\leq 0.2 \text{ E}/\sqrt{\text{Hz}} @ 0.1 \sim 1\text{Hz}$ ，动态噪声水平 $\leq 5 \text{ E}/\sqrt{\text{Hz}} @ 0.1 \sim 1\text{Hz}$ ，重量 $\leq 350 \text{ kg}$ 。

关键词：航空超导全张量磁梯度；航空超导瞬变电磁；航空超导重力梯度

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

3. 地球物理探测颠覆性技术装备

研究内容：面向地球深部探测与高精度大地测量的国家战略需求，研究新型综合重力测量方法与技术，研制深地感知的超导量子重力测量装置；面向地球深部极弱磁样品测试、深部矿产资源勘探、地球动力学与地震预警研究，研制

超高灵敏 SERF 原子磁场测量装置、芯片化原子磁强计；研究多频阵列相控电磁波电阻率探测与成像方法，研制多频阵列相控电磁波电阻率成像及多频相控钻头前视电阻率成像系统，研究多频阵列相控电磁成像系统参数测试标定方法及装置，开展基于三维电阻率分布的地质成像解译方法研究与应用示范等。

考核指标：

深地量子重力测量装置：噪声水平 $\leq 0.5 \mu\text{Gal}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，分辨力优于 $0.1 \mu\text{Gal}$ ，月漂移优于 $1 \mu\text{Gal}$ ，B 类不确定度优于 $5 \mu\text{Gal}$ ，测量方式具备定点与流动测量功能；

用于深部样品测试的超高灵敏 SERF 原子磁场测量装置：梯度差分噪声水平 $\leq 0.06 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}@30 \text{ Hz}$ ，磁场测量范围 $\geq \pm 1 \text{ nT}$ ，测量频带 $1\sim 100 \text{ Hz}$ ；

用于矿产资源勘探的芯片化原子磁强计：噪声水平 $\leq 80 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，测量频带 $1\sim 100 \text{ Hz}$ ，探头体积 $\leq 20 \text{ cm}^3$ ；

多频阵列相控电阻率成像系统：轴向扫描范围 $-45^\circ\sim 45^\circ$ ，径向扇区数 16/32/64，径向成像范围 8m，成像分辨力 $0.1\sim 1 \text{ m}$ ，电阻率测量范围 $0.2\sim 3000 \Omega\cdot\text{m}$ ，测量精度优于 5%。

关键词：深地量子重力测量；高精度原子磁强计；多频阵列相控电阻率探测

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

4. 多深度航空电磁和高分辨率航空伽马能谱勘查装备

研究内容：攻克有限载荷条件下大磁矩激发、宽频低噪声电磁信号检测与采集等关键技术，研发出大发射磁矩、低动态噪声、三分量电磁与航磁多参数同时测量的系列化全航空无人机/直升机时间域（TEM）航空电磁/磁综合勘查技术装备体系，研发三分量测量、低动态噪声、大探测深度的直升机天然场航空电磁勘查技术系统，研制地空无人机时频电磁综合勘查系统；研发能适应不同载荷无人机平台的高精度航空伽马能谱勘查系统，复杂地形下的高精度能谱测量地形快速匹配和校正技术、智能化数据处理和弱信息识别提取技术以及伽马能谱三维智能找矿预测方法；在典型矿集区开展勘查示范应用，完成地质矿产解释、评估验证系统的性能指标。

考核指标：

有人/无人直升机 TEM 和磁综合勘查系统：梯形波发射、发射峰值电流控制稳定度优于 0.1%，感应式 B 场、dB/dt 场的三分量及磁总场综合测量，TEM 的 Z 分量动态噪声 $\leq \pm 1$ nT/s，感应式 B 场在单周期内 ≥ 15 道单独测量；有人直升机系统最大发射磁矩 $\geq 1.85 \times 10^6 \text{Am}^2$ ，探测深度 ≥ 750 m，系统总重量 ≤ 595 kg；无人机系统最大发射磁矩 $\geq 10^5 \text{Am}^2$ ；

直升机天然场勘查系统：频率范围 15 Hz-20 kHz，三分量接收噪声 $\leq 200 \text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}@20\text{Hz}$ ，探测深度 ≥ 2 km；

地空无人机综合勘查系统：TP ≥ 300 kW，重量 ≤ 15 kg、带宽 ≥ 100 kHz，时频脉冲单次频点 112 个；传感器灵敏度 50

mV/nT@10Hz, 空中电场精度 $50 \mu\text{V}/\text{m}/\sqrt{\text{Hz}}$ @10Hz;

无人机伽马能谱勘查系统: 能量分辨率 $\leq 3.5\%$ @662keV, 铀测量精度 $\leq 0.8 \times 10^{-6} \text{ g/g}$ @ $4.0 \times 10^{-6} \text{ g/g}$; 总重量 $\leq 15 \text{ kg}$ 和 30 kg 两种规格;

试验和示范: 测线 $\geq 6000 \text{ km}$ 、多金属或放射性矿 1~3 处。

关键词: 地空无人机探测; 全航空无人机时间域电磁勘查; 全航空直升机时间域航空电磁勘查; 直升机天然场航空电磁勘查; 无人机航空伽马能谱勘查

申报说明: 项目实施周期不超过 4 年, 配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

5. 新一代高精度地面探测关键技术与仪器

研究内容: 攻关大功率电磁发射技术、低功耗多通道阵列采集技术, 研发新一代地面大功率三维激电探测系统、大功率全息三维电磁探测系统、瞬变电磁探测系统, 研究节点式三维电磁探测装备关键技术, 形成新一代高精度三维电磁探测装备系列, 达到国际领先水平; 发展散射波等复杂地震波场的金属矿地震勘探技术, 研制动圈式/MEMS 等节点式金属矿地震勘探系统; 突破钾光泵磁力仪、相对重力仪等重磁测量技术瓶颈, 研发高精度重力与磁法探测装备; 攻克地面综合地球物理数据高可靠解译成像技术, 形成中尺度地面地球物理探测技术装备体系, 实现国产化替代; 与相关项目联合, 选择典型示范区, 开展找矿示范。

考核指标:

大功率三维激电探测系统：发射电流 ≥ 60 A，接收机精度 ≤ 1 μ V，具备采集矢量信号、内置噪声压制等功能；

大功率全息三维电磁探测系统：研发新一代大功率全场域电磁法探测系统，发射功率 ≥ 150 kW，磁场传感器噪声水平 ≤ 0.1 pT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @1Hz、工作带宽 20 kHz~100s、20 kHz~10000s 两种型号，低功耗小型化采集站动态范围优于 140 dB，形成全场域解译成像软件；探索研制节点式电磁接收系统；

瞬变电磁探测系统：SQUID 噪声水平 ≤ 40 fT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ，摆率 ≥ 1 mT/s，系统带宽优于 100 kHz，发展车载移动探测技术；

金属矿地震勘探系统：节点式地震仪传感器噪声水平 ≤ 10 ng/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @10Hz，单节点功耗 ≤ 80 mW；

高精度磁力仪：钾光泵传感器噪声水平 ≤ 0.3 pT@1Hz、分辨力优于 0.1 pT、量程优于 15000 nT~120000nT，结合相关磁传感器研发，形成地面磁力仪技术系列；

小型化探矿重力仪：分辨力优于 0.1 μ Gal，测量精度优于 5 μ Gal，量程优于 8000 mGal，研制小型化便携式（重量优于 5kg）地面重力仪；

产品化与应用示范：技术就绪度达到 8 级，无故障工作时间 ≥ 2000 h，3~4 个典型示范区综合应用示范。

关键词：大功率电磁发射；全息电磁探测；金属矿地震勘探；重力仪；磁力仪

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

6. 地下探测关键技术与仪器

研究内容：面向深地矿床精细探测和精准勘查需求，开展井中、井间以及井地探测关键技术及装备研发。突破井中重力、三分量磁场、振动传感等技术瓶颈，研制高精度重力、极化率、磁化率、超声成像和变探深（近井壁和远探测）声波和电阻率等测井仪器，研制井中可控源放射性测井仪；研发小型化大功率低频震源、瞬变电磁大功率发射机、低噪声振动和电磁测量系统；研发井地高速数传系统，开发对应的快速数据处理综合解释软件；实现多参数级联组合、远近探测结合的地下探测技术体系，为老矿山快速“探边摸底”提供技术支撑。

考核指标：

井中测量仪器：最大外径 $\leq 60\text{ mm}$ 、耐压 $\geq 50\text{ MPa}$ 、耐温 $\geq 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；重力分辨力优于 $1\text{ }\mu\text{Gal}$ ，三分量磁场测量范围优于 $\pm 100000\text{ nT}$ 、系统转向差 $\leq \pm 5\text{ nT}$ ，极化率测量范围 $0.2\%\sim 100\%$ 、精度 $\geq 0.2\%$ ，声波横向探深 20 m 、声速范围 $600\sim 7500\text{ m/s}$ ，电阻率横向探深 30 m 、电阻率范围 $0.2\sim 2000\text{ }\Omega\cdot\text{m}$ ，超声成像分辨力优于 3.0 mm ；

井间探测仪器：地震最大间距 150 m 、发射声源级 $\geq 150\text{ dB}$ 、接收灵敏度 $\geq -210\text{ dB}$ ，电磁发射功率 150 W 、接收分辨力优于 $0.03\text{ }\mu\text{V}$ ；

井地电磁探测装备：发射电流 $\geq 40\text{ A}$ ，探测深度 $\geq 2000\text{ m}$ ；

井地高速传输系统：最大速率 800 kbps ，误码率 $\leq 10^{-6}$ ；

产品化与应用示范：技术就绪度达到8级，3~5个典型

矿集区开展示范。

关键词：井中重力探测；井中磁场探测；井中声波探测；井地地震；井地电磁

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

7. 绿色高效精准智能化钻探技术与装备

研究内容：研发反循环钻机、高强轻量化双壁钻具系统、现场样品快速测试分析系统等，形成高效的反循环钻探取样-测试分析一体化技术与装备；研制自动化智能化钻机、仿生连续管取心钻探装备、智能化远程钻探信息监测与决策系统等，形成新一代智能化系列钻探装备与钻探工程管理系统；研发小直径精准导向取心、随钻探测、数据传输，以及超前地质预测系统，形成地质勘探用小直径精准取心导向与随钻探测装备；研发硬岩长寿命钻头、取心垂直钻探系统、井下马达、绿色环保冲洗液、废浆无害化处理技术装备等，形成高效绿色绳索取心钻探技术；创建复杂条件下高效取样和智能化、精准化取心钻探技术体系，开展钻探技术集成示范工程。

考核指标：取样钻探装备系统 8 套，最大钻深 ≥ 1000 m，取样钻探速度 ≥ 200 m/d，岩样收集率 $\geq 95\%$ ；智能化取心装备含 300 m、600 m、1000 m 三个钻深系列和 500 m 仿生连续管取心装备共 32 套，作业效率提高 20%，国产化率达 95%；4 寸口径取心导向钻具系统 4 套，钻孔长度 ≥ 2000 m，地面-

孔内数据传输速率 ≥ 16 bps, 靶区范围 ≤ 2 m, 造斜能力 $\geq 15^\circ/30$ m, 随钻测井参数 ≥ 3 项, 远探范围 ≥ 30 m; 钻头 ≥ 100 支, 坚硬地层寿命 ≥ 200 m; 绳索取心垂钻系统 8 套, 井斜 $\leq 2^\circ$; 3.5 寸口径短马达 8 套, 钻具全长 ≤ 2.2 m, 输出扭矩 ≥ 500 N·m; 冲洗液 ≥ 4000 m³, 生物毒性 $EC_{50} \geq 40000$ mg/L, 生物降解性 $BOD_5/COD \geq 0.1$; 废浆处理设备 8 套, 废浆处理后色度(稀释倍数) ≤ 80 , 化学需氧量(COD) ≤ 150 mg/L; 完成集成示范工程 2 个, 矿区钻探工作量 5×10^5 m 以上, 制定技术标准 4 项。

关键词: 高效钻探技术; 智能钻探装备; 精准取心导向钻探技术; 绳索取心钻探技术

申报说明: 项目实施周期不超过 4 年, 配套经费与中央财政经费比例不低于 2.9。立项方式为公开竞争。

方向八 战略性矿产资源勘查示范

1. 冈底斯中段铜多金属成矿模型与勘查增储示范

研究内容: 聚焦冈底斯斑岩成矿系统识别标志、热液矿化中心精准定位和多尺度成矿系统预测等关键难题, 以大型矿集区为重点研究对象, 揭示大型-超大型铜多金属矿床成矿机制和成矿规律, 建立斑岩成矿系统成矿模式和勘查模型; 研发基于无人机航磁、高光谱、矿物指针、短波红外和深穿透地气等方法组合, 构建快速找矿评价技术方法体系; 研发高原环境下矿床技术-经济-环境“三位一体”综合调查评价方法和绿色勘查健康、安全与环境(HSE)系统; 开展

朱诺-雄村、荣木错拉等重要矿集区找矿预测与综合评价应用示范，形成绿色勘查增储示范基地。

考核指标：揭示斑岩型铜多金属矿床形成机制与矿床定位规律；找矿勘查模型 2 套，冈底斯中段斑岩铜多金属矿床高效勘查技术方法组合和绿色勘查 HSE 系统各 1 套，斑岩铜多金属矿床技术-经济-环境“三位一体”综合调查评价方法和指标体系各 1 套，可供勘查的找矿新靶区 6 处，新增铜资源量 300 万吨、金资源量 20 吨。

关键词：斑岩矿床；铜多金属；勘查模型；冈底斯成矿带

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

2. 塔里木盆地钾资源成矿模式与勘查示范

研究内容：揭示塔里木等盆地海相、海陆交互相及陆相成钾动力学与成矿条件，查明典型盆地盐湖浓缩中心及迁移规律，构建海相-陆相耦合成钾模式；研发不同盆地类型的钾盐矿床地球物理探测与识别技术，建立隐伏钾盐地球物理-地球化学-遥感三维可视化综合找矿模型，在中西部海陆交互相凹陷区圈定找钾靶区；开展成钾凹地定位、富钾层空间模型、钾矿层构造变形特征研究，在东部地区优选深部卤水找矿靶区，探测储卤构造与储层展布特征；开展勘查示范工程，在重点勘查靶区，开展钻探验证，评价钾盐资源量、预测资源远景。

考核指标：古代固体钾盐及深藏卤水钾盐等钾盐成矿模式 2~3 套，深部古代固体钾盐及深藏卤水钾盐等探测技术组合 2~3 套，可供勘查的找矿靶区 3~5 个，支撑形成 2~3 个勘查示范基地，新增钾盐资源量 5000 万吨。

关键词：成钾动力学；成钾模式；增储示范；塔里木盆地

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

3. 甘南-陇南金锑成矿规律与勘查示范

研究内容：总结甘南-陇南地区金锑成矿地质特征及控矿要素，查明金锑时空分布规律，研究金锑矿富集规律；建立典型矿床成矿模式，开展深部构造原生晕及外围综合找矿预测；优选早子沟-加甘滩、寨上及周边、阳山矿集区、花崖沟等找矿新区进行勘查示范，开展研究区微细粒、高砷、高硫等复杂难选冶金矿石综合利用技术难题联合攻关，支撑甘南-陇南金矿大型资源基地建设。

考核指标：甘南-陇南地区金锑矿高效勘查技术 1 套；可供勘查的找矿靶区 3~5 处，新增资源量金 200 吨、锑 2 万吨。

关键词：热液金锑矿；成矿模式；综合利用；大型资源基地；甘南-陇南

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

4. 三江北段铜金富铁矿等战略性矿产勘查增储示范

研究内容：研究典型成矿带俯冲增生与陆陆碰撞造山叠合过程、深部物质结构与转换过程、构造-岩浆-成矿耦合的时空发育特征；查明不同地质背景下斑/玢岩型铜（金）、铁等矿产就位机制、保存条件，建立成矿模式及协同勘查模型；研发复杂构造背景下斑/玢岩成矿体系“地-物-化-遥-指针矿物”高效综合勘查技术方法组合，开展成矿带找矿靶区优选、找矿预测及勘查增储示范。

考核指标：叠合造山背景下斑/玢岩型铜（金）、铁矿成矿模式与勘查模型 2~3 个，斑/玢岩型铜金、铁等矿产有效勘查技术方法 2~3 套；可供勘查的铜金、富铁矿等找矿靶区 6~10 处，新增资源量铜 100 万吨、金 20 吨、铁 5000 万吨，支撑形成 1~2 个大型铜金富铁矿勘查示范基地。

关键词：斑/玢岩成矿系统；矿体保存条件；成矿模式；增储示范；三江成矿带

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

5. 新疆钒钛磁铁矿勘查示范与高效综合利用

研究内容：研究新疆与钒钛磁铁矿成矿有关的基性-超基性侵入杂岩体的构造背景、岩浆演化过程及其钒钛磁铁矿全岩矿化的成矿机理，创新重大岩浆-构造事件与大规模钒钛磁铁矿成矿耦合作用的理论；总结成矿关键控制因素，构建

成矿模式，综合地质-地球物理等多元信息，建立三维预测模型，研发浅覆盖区钒钛磁铁矿找矿预测理论与方法技术体系，实现找矿重大突破。查明钒、钛的赋存状态和结晶分离方式，为钒、钛元素的高效分离提供理论基础；研发低品位钛渣提钛技术，突破钒、钛分选技术瓶颈，实现钒钛磁铁矿的钒、钛资源绿色高效低能耗的综合利用。

考核指标：岩浆型钒钛磁铁矿成矿和勘查模型 1 套，三维定位预测技术 1 套，新增资源量铁矿石 10 亿吨、 TiO_2 500 万吨、 V_2O_5 100 万吨，支撑形成 1~2 处大型资源基地。钒钛磁铁矿钒、钛资源绿色高效低能耗的综合利用新工艺技术 1 套，实现钛、钒回收率大于 60%，形成大型钒钛磁铁矿综合利用示范基地 1 处。

关键词：钒钛磁铁矿；成矿机理；分选技术；综合利用；新疆

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

6. 东南沿海陆相火山地区铜金萤石矿定位预测与勘查增储示范

研究内容：实施东部沿海火山岩分布区科学钻探，查明中生代火山作用过程和深部地质结构、物质组成，揭示火山作用与成矿作用的耦合关系、构造-岩浆作用机制，建立区域成矿模式，完善区域成矿理论；研究明矾石、叶蜡石、高岭土等非金属矿及其蚀变矿物组合与斑岩-浅成低温热液型

铜金成矿系统关系，揭示深部成矿过程与找矿潜力；研发多信息大数据智能预测技术，开展典型铜金等成矿系统资源潜力评价，研究建立多维度大深度高精度空-地-井协同探测技术体系和有效勘查技术方法组合，预测定位隐伏铜金和萤石矿体，开展典型铜金等战略性矿产成矿系统勘查示范，实现铜金萤石找矿重大突破。

考核指标：东南沿海陆相火山岩区浅成低温热液-斑岩型铜金矿勘查技术方法组合 1~2 套，可供勘查的找矿靶区 10~15 处，勘查区块 5~10 处，新增资源量铜 50 万吨、金 10 吨、萤石矿物量 500 万吨，支撑形成铜金矿勘查示范基地 1~2 个。

关键词：火山作用；铜金矿；非金属矿；智能预测；东南沿海

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

7. 蛇绿岩型铬铁矿找矿模型与勘查增储示范

研究内容：针对西藏罗布莎、香卡山、康金拉等重要矿山深边部及休古嘎布等新区找矿，开展蛇绿岩套超基性岩岩相分带特征和铬铁矿赋存规律研究，查明控矿要素和多元找矿信息，构建蛇绿岩型铬铁矿矿床找矿模型；建立蛇绿岩套超基性岩岩相的精细岩石物性模型，研发适用于铬铁矿勘查的井-地联合重磁三维反演技术，构建三维密度、磁性、电性模型，圈定一批找矿靶区，精确定位矿体，开展应用示范，

开拓区域找矿新空间，实现找矿突破。

考核指标：典型铬铁矿床找矿模型 3~4 个，矿体定位技术方法 1~2 套，可供勘查的找矿靶区 4~5 处，新增铬铁矿资源量 100 万吨。

关键词：蛇绿岩套；铬铁矿；赋存规律；找矿模型；矿体定位

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 6.5。立项方式为公开竞争。

方向九 深部清洁能源探测

1. 深部高温地热能探测评价及开发利用示范

研究内容：优选我国重点地区大陆非火山型高温热田，开展热异常空间分布规律及控热机制研究，构建多方法多尺度融合的高温地热资源勘查技术方法体系，实现高温地热资源的精准定位与地热系统精细表征；攻关高温地热高效钻完井技术；研发地热发电等新型利用技术，建立具有匹配度和稳定性的地热综合利用示范工程；开展高温地热水中 Li、Rb、Cs 和 He 等伴生稀有元素富集机制与资源评价；建立万千瓦级高温地热发电示范工程。

考核指标：多方法多尺度融合的高温地热资源勘查技术方法体系 1 套，青藏高原深部 150℃ 以上高温水热型勘探开发靶区 2~3 处；高温地热高效钻完井技术 1 套，高温钻井效率提高 10%；具有匹配度和稳定性的地热综合利用示范工程 1 处，万千瓦级以上高温地热发电示范工程 1~2 处。

关键词：高温地热；控热机制；高效钻完井技术；地热发电示范工程；综合利用

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 7.5。立项方式为公开竞争。

2. 重点地区深部热能探测评价

研究内容：研究华北深部碳酸盐岩热储古岩溶识别与分布，深部古岩溶发育规模及潜山分布规律；揭示深部热能供给能力与热平衡过程；研究碳酸盐岩热储和火成岩中低温对流型地热系统有利目标高精度探测与资源评价技术；攻关低渗透碳酸盐岩热储增产技术，研发原位地热发电技术、试验储能技术，构建中低温地热资源综合利用示范基地。研究东南沿海中高温地热资源成因，揭示岩石圈热结构与构造控热机制；研究火成岩区深部热能探测评价技术，揭示东南沿海深部地热资源潜力；研发中低温地热制冷等新型利用技术。

考核指标：碳酸盐岩热储探测评价技术 1 套；华北地区地热勘探开发靶区 5~7 处，深层地热井 1~2 口；火成岩区深部热能探测评价技术 1 套；东南沿海地热勘探开发靶区 3~5 处，深层地热井 1~2 口；地热高效钻完井技术 1 套，钻井效率提高 3%，深部热储钻遇率提高 10%；具有匹配度和稳定性的地热综合利用示范工程 1 处；深部热能综合利用效率提高 5%。

关键词：碳酸盐岩热储；火成岩中低温对流型；探测与资源评价；综合利用示范

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 7.5。立项方式为公开竞争。

3. 典型地区氦气成藏机理与增储

研究内容：研究山西、陕西、新疆、四川等典型地区氦气成因来源，揭示氦气赋存状态、运移机制、成藏主控因素、扩散途径与有效保存条件，确立富氦流体与油气耦合成藏机制，形成不同地质过程中氦气成因鉴别与运聚过程示踪方法体系；建立不同地质背景条件氦气生成-运移-富集-保存-散失系统模型和实验平台；研发氦气地球物理探测技术和随钻实时检测与识别装备，形成氦气资源评价方法和勘探流程体系，揭示我国典型地区氦气富集规律，在山西、陕西、新疆、四川等典型地区优选氦气有利富集区带开展应用示范研究，形成氦气有利富集区的精细预测方法。探索不同地质背景下天然氦气来源与形成机理。

考核指标：含油气盆地氦气有利区与潜力评价图 6 幅，氦气溶解、吸附与解析实验平台 1 套，氦气封闭性评价实验平台 1 套，典型富氦气藏成藏模式 4~6 个，氦气资源评价方法与软件 1 套，氦气综合勘查技术流程标准 1 套，氦气地球物理勘探方法 1 套，氦气随钻检测装备 1~2 套，氦气远景区 15~20 处，氦气有利区 15~20 处，氦气勘探靶区 5~10 个，氦气井 5~6 口。天然氦气成因判识指标不少于 5 个（其中国际首次指标不少于 2 个）。

关键词：氦气、天然氦气资源；成因类型鉴别；成藏机

制；勘查技术与装备；资源评价

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 7.5。立项方式为公开竞争。

南京航空航天大学 A000552

领域三：绿色利用

方向十 固体矿产资源安全绿色利用

1. 低品位难采矿体大规模高效开采技术

研究内容：研究高应力破碎岩体力学行为与大变形控制理论与技术，研发高应力矿山多盘区采场群协同卸压开采工艺技术，化解并利用低品位难采金属矿产资源开采过程中的高应力；研发低品位金属矿床集中强化开采方法；研发破碎金属矿体高效凿岩与自适应爆破技术及装备；建立和优化深埋难采金属矿低成本膏体充填流变学理论与绿色开采技术及装备；研发大体积充填体-破碎围岩组合体稳定性评价与监测预警技术及装备，形成低品位复杂难采金属矿体大规模绿色开采关键技术与装备。

考核指标：研发规模化膏体充填与大体积充填体-破碎围岩组合体监测预警装备 1 套，建成低品位难采金属矿大规模绿色开采示范工程 1 项，示范盘区生产能力 1000 吨/日，矿石开采损失率小于 5%，贫化率小于 5%，炮孔塌孔率不超过 5%，开发一套井下回采作业智能控制系统，可支持多中段 15 台以上采掘装备的集中管控。国家和行业标准 8 项。

关键词：低品位难采矿体；高应力化解；膏体充填；大体积充填

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 3:1。立项方式为公开竞争。

2. 复杂难采战略性矿产资源精细化高效化开采技术

研究内容：精准定位复杂难采金属矿体标准，形成不同类别难采金属矿床绿色精细化开采综合技术与高效开采配套装备。研究与复杂难采金属矿床环境相匹配的精细化采矿技术；研究采空区治理与残矿开采协同技术；研发硬岩水力切割高效连续绿色智能化开采技术及装备；研究移动式尾废均质充填与地压协同调控技术；研究铁、稀土、铌，铜、金、钼等大型多金属共伴生资源多矿区露天与地下协同精准开采技术；构建复杂矿床精细化、大型共伴生金属多矿区协同精准开采示范基地。

考核指标：硬岩水力切割高效破岩连续采矿技术与装备 1 套；建立复杂难采金属矿床精细化绿色开采示范基地 1 项，回采率 85% 以上、贫化率 10% 以下；建立金属矿地下残矿高效开采示范基地 1 项，实现矿柱回采率不低于 50%，矿石贫化率 10% 以下；建立共伴生战略性金属矿产资源协同精准开采示范基地 2 项，示范基地综合产能提升 20% 以上，开采利用率提高 10%，开采贫化率 5% 以下，开采成本降低 10%。国家和行业标准 2 项。

关键词：复杂难采矿床；战略性矿产；精细化开采；高效化开采

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 3:1。立项方式为公开竞争。

3. 固体资源原位流态化开采的多场多相岩体力学理论与安全评价体系

研究内容：研发深部流态化开采原位多场多相环境（温度、压力、湿度、成份等）保真参数测试技术，获取不同深度煤层流态化开采中原位多场多相赋存环境本真信息；研发深部流态化开采下岩体赋存多场多相环境重构与多参量同步测试技术；构建考虑深部流态化开采原位环境的岩体原位力学理论体系，建立流态化开采下岩体灾变预测方法和模型；研发深部煤矿流态化开采矸石CO₂与胶结体的固气液多相拓扑结构模型及负碳高孔隙充填体；建立流态化开采过程灾害防控的安全评价方法和体系。

考核指标：构建考虑深部煤炭原位流态化开采赋存环境影响的岩体力学理论新体系；研发多场多相碳储充填材料 2 种以上，封固CO₂能力 > 60g/kg（充填材料）；形成深部煤炭原位流态化开采过程灾害防控安全评价体系。

关键词：原位流态化开采；多场多相环境；岩体力学理论；安全评价方法体系

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 3.1。立项方式为公开竞争。

4. 固体资源原位物理流态化和采选充电热气一体化开采技术与装备

研究内容：研发深部高压射流大范围采煤原位物理流态化开采新技术；建立深部煤炭近零碳排放直接煤固体氧化物

燃料电池原位电化及CO₂原位催化、转化技术体系；创建深部矿井废水、废料等无预处理过程无额外能耗的直接制氢原位气化与原位煤炭液化的原理与技术体系；研究铀矿水力压裂与渗流控制技术、深部资源流态化安全高效管道输送技术以及原位铀矿石绿色环保浸出技术研发智能开采效能和安全分析决策系统，形成固体资源原位物理流态化和采选充电热气一体化智能开采技术和装备；开发非煤矿山机械连续采矿方法、关键工艺技术与装备。

考核指标：建立固体资源原位流态化开采技术路线，研发原位气化、液化、发电等矿物流态化、原位智能无人采选（冶）充、电热气一体化技术与装备；研发远程输运技术与装备；开展原位智能化流态化开采技术应用示范矿山4~5个，采场生产能力≥300t/d，煤炭开采深度1500 m，金属矿2000 m；实现固体废弃物100%就地消纳，基本实现（90%以上）碳中和；国家和行业标准10项。

关键词：原位流态化开采；原位智能化；采选充电热气一体化

申报说明：项目实施周期不超过4年，配套经费与中央财政经费比例不低于3.1。立项方式为公开竞争。

5. 矿产资源综合高效利用技术

研究内容：研究鲕状赤铁矿、菱铁矿、胶态锡等难选冶矿产综合利用技术和装备；研究共伴生矿产梯级组合选冶协同高效利用技术，实现铌钽锆钨钛战略性矿产规模化利用和

系统评价、煤下铝安全开采和分级分质利用、高硫高硅铝土矿及其共伴生锂镓钽综合回收、沉积型稀土和重稀土资源新型清洁利用；研究低品位铜钴镍锂矿产高通量绿色低碳利用技术；研究优势非金属矿绿色高值化利用技术，评价筛选一批有潜力的金红石、石英、石墨、萤石、磷矿、高岭土、叶腊石资源；研究溶液矿产评价和高效利用技术，利用地热和地下水大数据筛选找矿靶区，开发超高镁锂比高硫酸根卤水选择性提锂技术；研究退役光伏等城市矿产、铜金冶炼渣和铁锡尾矿等二次资源差别化利用技术，实现固废循环利用。

考核指标：盘活难利用矿产资源 2 亿吨以上，鲕状赤铁矿、菱铁矿、高硫高硅铝土矿、微细金红石等难利用矿产综合利用率提高 5%；开发新型选矿药剂 5 种以上，高效分选装备 3 台套以上，形成矿产资源绿色利用专利技术 40 项以上，带动低品位大宗战略性矿产利用碳排放减少 15%。建设年规模百万吨级煤下铝、百万吨级难选铁矿、百万吨级锂辉石高效利用示范工程、百万吨级磷矿选矿和万吨级无水氟化氢示范工程等 5 项以上，80 万吨共伴生金红石综合利用示范工程、60 万吨级碳酸岩型稀土及共伴生萤石锶钡高效利用示范工程、50 万吨菱铁矿绿色低碳利用示范工程、50 万吨低品位镍钴协同利用示范工程、15 万吨级钛锆铪高效协同利用工程示范等 5 项以上，总规模 1000 万吨/年以上；建立万吨级风化壳型稀土电法智能开采装备 1 套和示范工程 1 项；城市矿产利用率提高 30%，实现退役光伏组件处理量 ≥ 2 万吨/年、废硅料回收量 ≥ 750 吨/年。国家和行业标准 10 项。

关键词：紧缺战略性矿产；共伴生矿产；综合高效利用；梯级组合高效选冶协同；绿色高值化利用技术

申报说明：项目实施周期 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 3.1。立项方式为公开竞争。

方向十一 深部空间与利用

1. 深部特殊空间探测与利用

研究内容：研究盐穴和孔隙型等特殊地下空间精细化探测与封存空间精细化建模理论与技术，研发“震-电-磁-钻-取”井上下一体化协同探测技术与特殊地下空间综合评价方法；研发矿山地下空间综合再利用技术体系；创建地下空间深地科学实验研究基地；研究多资源、多场耦合的深部特殊空间开发利用适宜性动态评价方法体系；研究深部地下煤层 CO₂ 存储基础理论与多场耦合的安全监测、动态评价方法与检测体系；研究深部地下空间大规模物理储能利用基础理论与关键技术，研发废弃矿井深部空间大规模储能利用工程技术体系；构建关闭矿井空间资源开发工程环境、经济、社会之间多源耦合关系与动态模型。

考核指标：形成 2000 m 深部空间探测技术体系，实现米级地下空间分辨率与三维模型构建，隐蔽地质灾害判识准确率比现有水平提升 20%，数字孪生可视覆盖区达到 90%；研发深部空间全场景利用的智能监测、灾害预警及安全保障的全空间数字化、信息化试验平台 1 套；建成地下空间深地科学实验研究基地 1 处；创建多资源、多场耦合的深部特殊空

间开发利用适宜性动态评价方法体系 1 套；创建深部地下煤层CO₂ 存储及安全监测、动态评价方法技术体系 1 套；创建深部地下空间物理储能的方法技术体系 1 套；提出地下空间综合风险效益评价指标体系，建设示范工程 1~2 处。

关键词：深部特殊空间；深部空间精细探测；地下空间综合利用；深部空间储能利用

申请说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 4.4。立项方式为公开竞争。

2. 深部碳储空间探测与地质评价

研究内容：开发新一代碳储空间弹性波和电磁波高精度智能探测技术，以及深井孔中碳储环境的多波场精细感知技术，研究深部碳储空间精细探测方法；构建深部空间利用潜力及适宜性评价方法体系；研究“近零生态损害和近零冲击地压”的深部负碳高效充填开采技术和稳定性控制技术以及固碳效果评价方法；研究评估我国关闭煤矿不可采煤层封存潜力，研究深部不可采煤层封存CO₂ 利用模式和对策；研究碳储空间选址与评价集成应用示范方法；提出深部地质空间零碳开发利用对策建议。

考核指标：研发碳储空间弹性波和电磁波高精度智能探测技术 1 套，探测深度不小于 1000 m；研发深井孔中碳储环境的多波场精细感知技术 1 套；研发负碳充填材料 2 种以上；研发快速粘凝胶结材料 2 种，研发深度矿化吸收与矿化气-液-固多相一体化装备 1 套；建成深部负碳高效充填示范工

程；形成碳封存地质资源开发利用计算、决策与监管信息系统 1 套；形成深部碳储空间探测与地质评价推广应用模式 1 套，完成CCUS的大型碳储基地选址示范 1~2 处，实现CO₂地质封存空间达到亿吨级；国家和行业标准 2 项。

关键词：深部碳储空间；碳储空间高精度智能探测；CO₂地质封存；碳储空间地质评价；碳储空间选址

申请说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 4.4。立项方式为公开竞争。

3. 封存空间监测技术

研究内容：构建深部CO₂封存空间高效监测技术体系，建设示范工程。研发CO₂注采井安全性实时监测技术及装备，研发油气藏封存体全空间CO₂运移监测技术；研究油气藏地质体CO₂封存状态及有效封存量核算方法；建立CO₂驱采-封存协同研究技术与环境影响评价方法；研发全流程CO₂智能化监测系统，开发监测、溯源、环评及风险处置一体化智能系统。构建不可采煤层和特殊空间封存CO₂的稳定性、安全性和有效性分类评价方法；构建深部空间探测-选址-评价-利用-监测的全链条方案体系。

考核指标：具有自主知识产权的CO₂封存与运移全流程智能化监测系统及相关监测软件 1 套；油气藏提高采收率与封存协同的全空间CO₂运移监测技术体系 1 套；CO₂监测、溯源、环评及风险处置智能系统 1 套；系统评价出我国主要含煤盆地 1000~3000 m深度范围不可采煤层空间资源的储

碳、固碳潜力并阐明不可采煤层及地下空间封存CO₂的稳定性、安全性和有效性，提出不可采煤层封存CO₂推广应用模式。

关键词：封存空间；封存空间监测技术；CO₂封存监测技术；CO₂运移监测技术

申请说明：项目实施周期不超过4年，配套经费与中央财政经费比例不低于4.4。立项方式为公开竞争。

方向十二 深部资源环境保护

1. 深部资源开发的合理布局、安全与环境保护理论与发展战略

研究内容：研究深部资源开发的合理布局、安全与环保理论与发展战略。构建万米深度深地资源分层次合理配置与立体管理新模式；研发灾害原位防治安全技术；提炼深部固体资源原位流态化开采新理论，开发高盐矿井水原位制氢及环境保护技术；构建水土污染防治与生态恢复治理技术方法体系；根据深部资源的开发规模、阶段、方式等，建立探测-开发-处理全周期安全环保理论框架体系；基于技术趋势预测分析，提出深部资源开发的安全环保发展战略。

考核指标：建立不小于2个重要能源基地地下水、煤炭、油气等万米深度深地资源分层次合理配置与立体管理模式；建立10 Nm³/h H₂煤矿高盐矿井水原位电解制氢示范系统；形成系列深部矿井煤层灾害原位防治及煤质改性清洁高效利用技术，建立自然恢复为主的油气勘探与开采“源头预防-过程控制-末端治理”全过程绿色管控机制；建立深部资源

探测-开发-处理全周期安全环保理论框架体系，至少涵盖煤炭和油气 2 类；提出深部资源开发的安全环保发展战略建议。

关键词：深部资源开发；立体管理模式；安全环保理论；安全环保发展战略

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 0.8。立项方式为公开竞争。

2. 深部资源开采安全监控与重构理论与技术体系

研究内容：建立流态化开采下深层岩体非线性灾变多场可视化理论与技术，构建深部资源开采安全监控体系，包括：建立深层岩体非连续结构的高效重构算法和重构模型；提出深部煤岩非连续结构透明表征方法与可视化技术；建立深层岩体采动应力场-裂隙场-渗流场的提取与表征方法；建立基于流态化开采三维可视化分析的岩体应力场-能量场演化致灾的预测方法和模型；构建流态化开采岩层灾变区域的精准识别技术，形成深部资源开采安全监控技术体系。

考核指标：开发深部资源开采安全监控与三维重构软件；构建深部资源开采致灾预测与防治方法；形成深部资源开采安全监控技术体系。

关键词：流态化采矿安全监测；重构理论与方法；预警防灾技术；安全保障体系

申报说明：项目实施周期不超过 4 年，配套经费与中央财政经费比例不低于 0.8。立项方式为公开竞争。